

Hur ska man dimensionera ljudabsorptionen i lokaler?

I den första (indragna) utgåvan av ljudklassningsstandarden för lokaler (SS 02 52 68) fanns tabeller, som angav vilken täckningsgrad och ljudabsorptionsklass som behövdes för att klara en viss efterklangstid. De var visserligen smidiga, *men de ger stor risk för underkända resultat* mot kraven i den gällande utgåvan (2). I denna artikel diskuteras några av svårigheterna med "snabbtabeller", och en praktisk arbetsgång föreslås för att hantera gällande rumsakustikkraV korrekt. Det är mycket bättre att jobba med konkreta produkter och räkna enligt standarden. Absorptionsklasserna fungerar inte mot gällande krav.

Boverkets byggregler (BBR) säger i avsnitt 7 att "efterklangstiden skall väljas efter vad ändamålet med utrymmet kräver". Det finns skäl att ha detta krav i byggreglerna. Rumsakustik påverkar många människors vardag i stor utsträckning, till exempel i skolor, kontor och sjukhus. God rumsakustik märks i vardagen, och bidrar till helhetsintrycket av en lokal. För verifierbara krav på efterklangstid hänvisar BBR i ett allmänt råd till svensk standard SS 25268.

Sedan den första utgåvan av SS 25268 trädde i kraft 2001 (då benämnd SS 02 52 68) har en hel del ny information kommit fram som har lett till att kraven har förändrats i den andra utgåvan av standarden (2007). Standarden ger nu förutom verifierbara krav på efterklangstid i lokaler även praktiska rekommendationer om rumsutformning.

Det fanns flera skäl till att göra omarbetningar, dels flera undersökningar som

visade att efterklangstiden vid låga frekvenser (oktavband 125 Hz) oftast inte uppfyllde kraven, och dels stora avvikelser mellan uppmätt och beräknad efterklangstid i fält.

Oktavbandet 125 Hz omfattas inte av krav i klassningssystemet för ljudabsorbenter (ISO 11654), vilket innebär att det finns stora skillnader i ljudabsorption vid 125 Hz för produkter med samma absorptionsklass.

Den beräknade efterklangstiden enligt SS 25268 kan bli kortare med produkter ur absorptionsklass C än med produkter ur absorptionsklass A, eftersom absorptionsklassen endast i begränsad utsträckning tar hänsyn till oktavband 250 Hz, även i rum där man inte har krav i oktavbandet 125 Hz.

I stora utrymmen typ kontorslandskap tillstöter andra problem, se vidare i Bo-

verkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler". Vi konstaterar att det inte räcker med att föreskriva en viss ljudabsorptionsklass och en täckningsgrad, även om det hade varit bekvämt. Det behövs ett nytt arbetssätt som väger samman flera faktorer som säkerställer en bra rumsakustik i verksamhetslokaler. Det behöver dock inte ta längre tid att arbeta på ett nytt sätt, som föreslås i denna artikel.

Behov av lättanvända hjälpmedel

I SS 25268:2007 förutsätts att de krav som anges som dimensionerande efterklangstider omräknas under projekteringen till en korrekt mängd av ljudabsorbenter. Då visar man att kraven uppfylls i respektive utrymme. Råd ges om placering av absorbenter och diffusering av ljud, som bör följas.

Tabell 1: Täckningsgrad i möblerade utrymmen för produkter med ljudabsorptionsklass A till C, där cirka 10 respektive 90 procent av vanliga undertaksprodukter uppfyller kraven på efterklangstid. I utrymmen för mer än tillfällig vistelse gäller det högsta värdet av tabell 1 och 2. För flertalet produkter i ljudabsorptionsklass A och B blir tabell 2 dimensionerande.

I rum med krav vid 125 Hz gäller det högsta värdet ur tabell 1 och tabell 2.

Utrymmen utan 125 Hz krav: Använd denna tabell 1 Rumsabsorption, se tabell 6		Översiktlig skattning av mängd ljudabsorbenter (i procent av golvarean), med ljudabsorptionsklass:					
		A		B		C	
		10 %	90 %	10 %	90 %	10 %	90 %
Krav i SS 25268: Efterklangstid (s)		(0,85)	(0,60)	(0,70)	(0,5)	(0,65)	(0,4)
0,4	(typabsorption)						
	Rumshöjd (m)						
	2,7	72 %	102 %	88 %	123 %	94 %	154 %
0,5	3,1	87 %	124 %	106 %	148 %	114 %	186 %
	3,5	102 %	145 %	124 %	174 %	134 %	218 %
0,6	2,7	55 %	78 %	67 %	94 %	72 %	118 %
	3,1	68 %	96 %	82 %	115 %	89 %	144 %
	3,5	80 %	114 %	98 %	137 %	105 %	171 %
0,8	2,7	43 %	61 %	52 %	73 %	56 %	92 %
	3,1	54 %	76 %	66 %	92 %	71 %	115 %
	3,5	65 %	92 %	79 %	110 %	85 %	138 %
1,0	2,7	27 %	38 %	33 %	46 %	35 %	58 %
	3,1	35 %	50 %	43 %	60 %	46 %	75 %
	3,5	44 %	62 %	53 %	74 %	57 %	93 %
1,2	2,7	17 %	24 %	20 %	29 %	22 %	36 %
	3,1	24 %	33 %	29 %	40 %	31 %	50 %
	3,5	30 %	43 %	37 %	52 %	40 %	65 %
1,5	2,7	10 %	14 %	12 %	16 %	13 %	21 %
	3,1	15 %	22 %	19 %	26 %	20 %	33 %
	3,5	21 %	30 %	26 %	36 %	28 %	45 %
4,0	2,7	2 %	3 %	3 %	4 %	3 %	5 %
	3,1	7 %	10 %	9 %	12 %	9 %	15 %
	3,5	12 %	17 %	14 %	20 %	15 %	25 %
4,0	2,7	2 %	3 %	3 %	4 %	3 %	5 %
	3,1	7 %	10 %	9 %	12 %	9 %	15 %
	3,5	12 %	17 %	14 %	20 %	15 %	25 %
4,0	2,7	2 %	3 %	3 %	4 %	3 %	5 %
	3,1	7 %	10 %	9 %	12 %	9 %	15 %
	3,5	12 %	17 %	14 %	20 %	15 %	25 %



Artikelförfattare är **Christian Simmons**, Simmons akustik och utveckling AB, Mölndal och **Bo Gärdhagen**, Gärdhagen Akustik AB, Mölndal.

Tabell 2: Täckningsgrad i möblerade utrymmen beräknade för produkter efter deras ljudabsorptionsfaktor vid 125 Hz. På andra raden indikeras vilka värden som är representativa för cirka 10 respektive 90 procent av vanliga undertaksprodukter i respektive ljudabsorptionsklass A till C. I utrymmen för mer än tillfällig vistelse gäller högsta värdet av tabell 1 och 2.

Krav i SS 25268:	Abs-faktor 125 Hz:	<0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Efterklangstid (s)	Rumshöjd (m)	A, B, C (90 %)				A, B (10 %)	C (10 %)		
0,4	2,7	347	260	173	130	104	87	74	65
	3,1	418	313	209	157	125	104	90	78
	3,5	489	367	244	183	147	122	105	92
0,5	2,7	278	209	139	104	83	70	60	52
	3,1	339	254	170	127	102	85	73	64
	3,5	400	300	200	150	120	100	86	75
0,6	2,7	227	170	113	85	68	57	49	43
	3,1	280	210	140	105	84	70	60	53
	3,5	333	250	167	125	100	83	71	63
0,8	2,7	155	116	77	58	46	39	33	29
	3,1	197	148	99	74	59	49	42	37
	3,5	240	180	120	90	72	60	51	45
1,0	2,7	107	80	53	40	32	27	23	20
	3,1	142	107	71	53	43	36	30	27
	3,5	178	133	89	67	53	44	38	33
1,2	2,7	72	54	36	27	22	18	16	14
	3,1	103	77	51	39	31	26	22	19
	3,5	133	100	67	50	40	33	29	25
	4,0	171	129	86	64	51	43	37	32
1,5	2,7	36	27	18	14	11	9	8	7
	3,1	61	46	31	23	18	15	13	11
	3,5	86	65	43	32	26	22	18	16
	4,0	118	88	59	44	35	29	25	22

Det finns en efterfrågan på förenklade hjälpmedel, som ger en ungefärlig skattning av hur stor mängd ljudabsorbenter som behövs i olika typer av utrymmen. Av skäl som framgår nedan är detta inte alldeles okomplicerat.

Kan man använda tabellerna från utgåva 1 vid dimensionering?

Tabellerna från SS 02 52 68 (utgåva 1, 2001) används tyvärr fortfarande, sannolikt beroende på att det inte har funnits några praktiska alternativ. Men de ger fel-

aktiga resultat! Att fortsätta att använda tabellerna från utgåva 1, trots risken för brist mot gällande krav enligt utgåva 2, innebär att man inte följer ABK 96: ”konsulten skall genomföra uppdraget fackmässigt och med omsorg”. Man riskerar då att få underkända mätresultat, besvärande konsultansvarsfrågor och åtföljande kostnader för att korrigera bristerna. Hur ska man då göra istället?

Av skäl som framgår nedan är det både mer ekonomiskt och praktiskt att räkna med konkreta produkter än med generella

tabeller. I denna artikel redovisas dock nya tabeller, som baseras på detaljerade analyser av hur ett stort antal befintliga produkter på marknaden klarar gällande krav. Tabellerna 1 till 3 kan användas i tidigt skede för att få en ungefärlig uppskattning av mängden ljudabsorbenter i en viss ljudabsorptionsklass. Följ standardens rekommendationer om rumsutformning (råd i ljudklass C, bindande krav för ljudklass A och B).

Ett nytt arbetssätt

Med stöd av standarden SS 25268:2007 kan man faktiskt arbeta friare och med flera olika material och produkter för att uppfylla rumsakustikkraven, än om man bara anger hur mycket av taket som ska täckas med absorbenter i en viss ljudabsorptionsklass. Så här kan man gå tillväga:

- Överväg i samråd med byggherren vilken ljudklass i byggnad enligt SS 25268, som passar verksamhetens (brukarnas) krav och tillgänglig budget. Observera att ljudklass A och B medför ett antal tilläggskrav (utöver vad som står i tabellerna). Ljudklass C uppfyller BBR:s föreskriftskrav.

- Bestäm projekteringsförutsättningar i samråd med byggherren; verksamhetstyp, byggmaterial, typ av inredning och absorbenternas konstruktionshöjd. Dokumentera beslutet, då dessa förutsättningar används vid verifieringen i färdig byggnad (avsnitt 5.4.3, fjärde stycket).

- Beräkna grundabsorptionen i byggmaterial och inredning. Materialdata finns i Boverkets handbok ”Bullerskydd i bostäder och lokaler”.

- Beräkna hur stor area som behöver täckas med en given ljudabsorbent och konstruktionshöjd för att komplettera grundabsorptionen i byggmaterial och inredning, så att man klarar alla efterklangstidskrav. Formler finns nedan. Ett enkelt Excelblad med ett stort antal vanliga undertaksprodukter (och materialdata från handboken) kan laddas ned fritt från internet (sök efter arbetsrapporten ”SIS-Tk197-Dimens-EN12354-6”).

- Tänk igenom hur ljudabsorbenterna kan placeras ut, med hänsyn till hur rumsform och inredning diffuserar ljudet. Använd väggytorna vid behov. Se riktlinjerna i standardens avsnitt 5 – ”sprid ljudet eller sprid absorbenterna”. Ju kortare efterklangstid, desto viktigare att diffusera ljudet.

- Tänk på, att behovet av installationsutrymme kan påverka nedpendlingen av ett undertak. Cirka 200 mm distans till bjälklaget ger mycket bättre ljudabsorption vid låga frekvenser än montage dikt an takbjälklaget. Så kallade öar med fria öppningar mot baksidan ger sämre ljudabsorption vid låga frekvenser (och samlar damm).

- Uppdatera dimensioneringen om förutsättningarna förändras under projektiden,

Tabell 3: Täckningsgrad i omöblerade utrymmen för produkter med ljudabsorptionsklass A till C, där cirka 10 respektive 90 procent av vanliga undertaksprodukter uppfyller kravet på efterklangstid.

Efterklangstid (s)	Rumshöjd (m)	A (10 %)	A (90 %)	B (10 %)	B (90 %)	C (10 %)	C (90 %)
0,5	2,7	73	103	89	124	95	155
0,5	3,1	85	121	104	145	112	182
0,5	3,5	98	139	119	167	128	208
0,8	2,7	45	63	54	76	58	95
0,8	3,1	53	75	64	90	69	113
0,8	3,5	61	87	75	104	80	131
0,8	4,0	72	102	87	122	94	153
1,5	2,7	20	28	24	34	26	43
1,5	3,1	25	35	30	42	32	53
1,5	3,5	29	42	36	50	38	63
1,5	4,0	35	50	43	60	46	75

till exempel byte av inredning, ljudabsorbenter eller monteringsätt.

Det kan verka besvärligt att göra detta projekteringsarbete i tidigt skede, men det lönar sig. Dels säkerställer man att det finns produkter som klarar alla krav (inte bara de akustiska), dels får man ett bra slutresultat utan att överdriva ljudabsorptionen. Om man inte kan få fram något beslut om vilken inredning och byggmaterial som ska användas så finns det färdiga schablonvärden i Boverkets handbok att tillgå.

Att arbeta som tidigare, med ljudabsorptionsklasser och täckningsgrad (andel av taket som täcks) kan förefalla enklare, men man måste då överdimensionera täckningsgraden eftersom man behöver gardera sig för stora variationer inom respektive ljudabsorptionsklass. Man tar inte heller hänsyn till ljudabsorption i aktuella byggmaterial och inredningar. Detta

kan bli kostsamt för kunden och resultatet blir troligen sämre än om man väljer en optimal mängd och typ av ljudabsorbenter. Excelbladet är ett snabbt och enkelt hjälpmedel. Tillverkarna kan ta fram täckningsgrad för sina produkter, för olika situationer, som också ger en snabb vägledning.

Nya tabeller för täckningsgrad

Det har, trots vad som sagts ovan, ändå varit intressant att räkna fram nya tabeller för uppskattning av mängden ljudabsorbenter i olika ljudabsorptionsklasser, mot gällande krav. Resultaten blev ganska tankeväckande, milt uttryckt.

Användning av tabeller för täckningsgrad

Täckningsgrad (tg): Area på väggar och tak som täcks med ljudabsorbenter, mätt i procent av golvarean.

1. I möblerade utrymmen där människor vistas mer än tillfälligt; använd det högsta värdet ur tabell 1 och 2 (största tg-värdet) eller använd tabell 4.

2. I möblerade utrymmen för tillfällig vistelse; använd bara tabell 1 eller tabell 5.

3. I omöblerade utrymmen för tillfällig vistelse; använd tabell 3 eller 5.

4. Ljudabsorption för rummets begränsningsytor och inredning: Schablonvärden enligt Boverkets handbok, se tabell 6.

Observera: Tabellerna är avsedda för en översiktlig skattning i tidigt skede av mängden ljudabsorbenter och de ska inte användas för dimensionering eller verifiering i färdig byggnad enligt BBR/SS 25268.

Omräkning från efterklangstid till mängd ljudabsorbenter

I SS 25268 menas med efterklangstid det värde som rummet hade fått om ljudfältet hade varit diffust. Detta innebär att efterklangstiden (T) blir ett indirekt mått på absorptionsmängden (A) i ett rum med volymen (V) och att *Sabines* formel, $T = 0,16 \cdot V/A$, ska gälla. Tidigare studier visar, att om inredning och rumsform diffuserar ljudet, eller om absorbenterna är väl fördelade, kommer uppmätt efterklangstid att stämma bra med den beräknade. Se "Mätning av efterklangstid i vanliga rum" av *Krister Larsson* och *Hans Jonasson* i Bygg & teknik 3/07 sid 37. Ljud som studsar mellan väggarna kan dock förlänga efterklangstiden i det verkliga rummet, men det beror ju inte på ljudabsorbenterna

utan på de övriga förhållandena i rummet. Råd om åtgärder ges därför i standarden.

Kravet på efterklangstid i oktavband 125 Hz förtydligades i den nya utgåvan till att normalt vara 0,2 s längre än kravet för övriga frekvensband, undantaget utrymmen där man vistas tillfälligt, så som korridorer etcetera. I utrymmen för tal-kommunikation, så som klassrum, konferensrum, etcetera skärps kraven vid 125 Hz i ljudklass A och B till högst 0,1 s längre efterklangstid än i övriga frekvensband. Som framgår ovan kan detta tilläggskrav få ganska stora konsekvenser.

Absorptionsklass enligt SS-EN ISO 11654

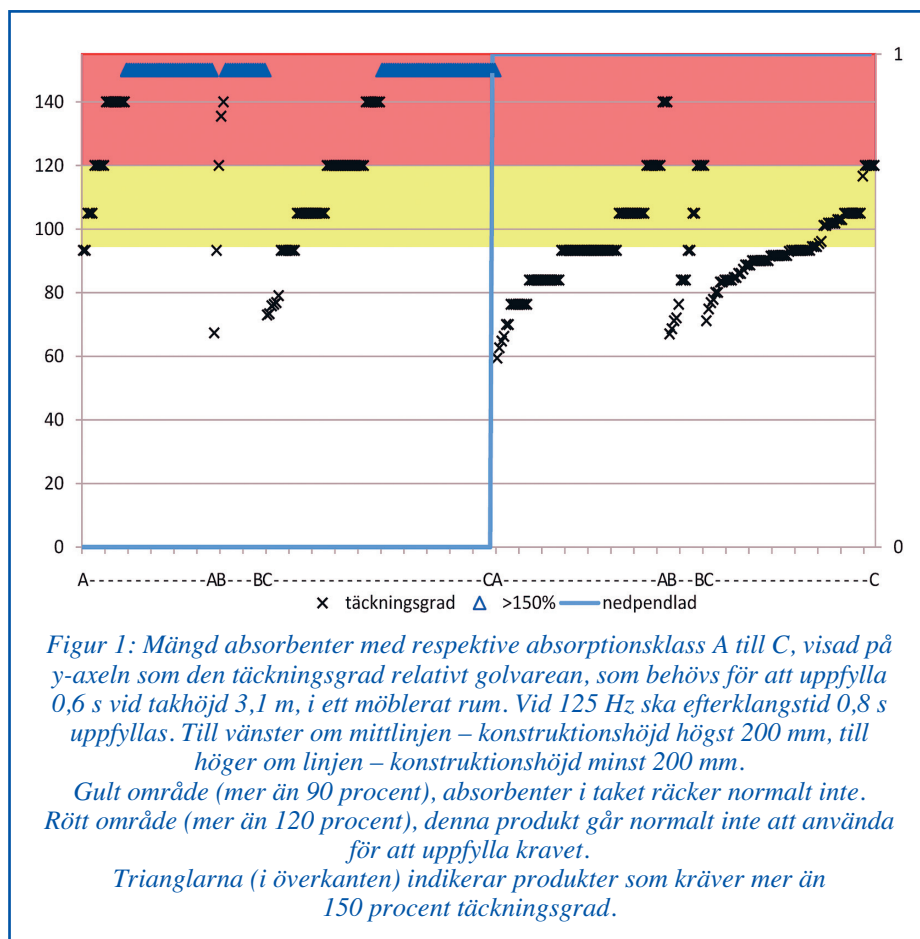
Det finns en standard för klassning av ljudabsorbenter, som är avsedd att för enkla upphandling och dimensionering. Som framgår av figur 1 på sidan 15 blir det emellertid inte så enkelt, eftersom klassningen inte är anpassad till gällande

		Bästa produkter, möblerade rum, inklusive krav vid 125 Hz						tg = 100%
Efterklang T_{20}	Takhöjd h	Nedpendlat minst 200 mm			Låg bygghöjd, <100 mm			=> min. abs. @ 125 Hz
		A	B	C	A	B	C	
0,4s	2,7m	95%	110%	115%	130%	150%	120%	0,55
	3,1m	115%	130%	140%	160%	180%	140%	0,65
	3,5m	135%	155%	160%	180%	210%	170%	0,75
0,5s	2,7m	75%	85%	90%	105%	120%	95%	0,45
	3,1m	90%	100%	110%	125%	145%	115%	0,55
	3,5m	110%	120%	130%	150%	170%	135%	0,6
0,6s	2,7m	60%	70%	70%	85%	95%	75%	0,35
	3,1m	75%	85%	85%	105%	120%	95%	0,45
	3,5m	90%	100%	100%	125%	145%	110%	0,5
0,8s	2,7m	40%	45%	45%	60%	65%	50%	0,25
	3,1m	55%	60%	60%	75%	85%	65%	0,3
	3,5m	65%	70%	70%	90%	105%	80%	0,4

Tabell 4: Täckningsgrad med ett litet urval av marknadens bästa produkter, i två bygghöjder.
Avser möblerade rum där människor vistas mer än tillfälligt, det vill säga med krav i oktavband 125 Hz. Värden större än 100 procent innebär att man måste täcka flera ytor än taket, till exempel en vägg, eller tillföra ljudabsorberande skärmar, draperier, möbler med mera. Till höger anges vilken ljudabsorptionsfaktor som krävs för att det ska räcka att täcka 100 procent av takytan.

		Bästa produkter, inget krav vid 125 Hz					
Efterklang T_{20}	Takhöjd h	Möblerade rum			Omöblerade rum		
		A	B	C	A	B	C
0,4s	2,7m	85%	100%	105%	100%	125%	125%
	3,1m	105%	120%	125%	120%	150%	145%
	3,5m	120%	140%	145%	135%	170%	165%
0,5s	2,7m	65%	75%	80%	80%	95%	95%
	3,1m	75%	90%	95%	95%	110%	115%
	3,5m	90%	105%	110%	105%	130%	130%
0,6s	2,7m	50%	55%	60%	65%	80%	80%
	3,1m	60%	70%	75%	75%	95%	95%
	3,5m	70%	85%	85%	85%	110%	110%
0,8s	2,7m	30%	35%	35%	45%	60%	60%
	3,1m	40%	45%	45%	55%	70%	70%
	3,5m	45%	55%	55%	65%	80%	80%
1,0s	2,7m	20%	25%	25%	35%	45%	45%
	3,1m	25%	30%	30%	40%	55%	55%
	3,5m	30%	40%	40%	50%	65%	65%

Tabell 5: Täckningsgrad med ett litet urval av marknadens bästa produkter.
Avser möblerade respektive omöblerade rum där människor vistas tillfälligt, det vill säga utan krav i oktavband 125 Hz.



krav. I vidstående tabeller 1 till 3 anges krav på produkterna med två mått:

- ljudabsorptionsklass A-B-C-D-E enligt SS-EN ISO 11654
- ljudabsorptionsfaktor vid 125 Hz, ej klassad, se tillverkarnas produktinformation.

Klassningen A av produkternas ljudabsorberande förmåga baseras på "vägd ljudabsorptionsfaktor" i intervallet 250 till 4000 Hz (α_w). Benämningen av klasserna sammanfaller tyvärr med ljudklassningsstandardernas ljudklasser A till D, men de har inget samband. Råd om mängd av klassade produkter har hittills betraktats ett praktiskt och enkelt sätt att kravsätta rumsakustik. Problemet med klassningen av produkterna i ISO 11654 är att man tillåter ganska stora skillnader i ljudabsorption mellan olika oktavband 250 till 4000 Hz och inte alls tar hänsyn till absorptionen vid 125 Hz, medan efterklangstidskraven i SS 25268 gäller i alla oktavband. Redan i utgåva 1 av SS 25268 fanns krav på efterklangstid vid 125 Hz, men eftersom detta oktavband inte alls täcks in av produktklassningen fanns det ett problem redan med den första utgåvans tabeller. Med utgåva 2 har andra toleranser införts för att underlätta dimensioneringen, men kravet på verifiering har samtidigt skärpts. Det finns därför behov av att ta med 125 Hz bandet även i förklarade tabeller.

Faktum är att 125 Hz-värdet oftast blir dimensionerande för hur mycket ljudabsorption som behöver tillföras rummet!

Kravet medför, att absorbenter av enbart mineralull är svåra att sätta med låg bygghöjd (mindre än 10 cm) medan några låga lösningar med både perforerade gipsskivor och mineralull klarar sig bättre. Väggsabsorbenter kan bidra till att klara de nya kraven. Med 20 cm nedpendling blir dock kravet vid 125 Hz lättare att uppfylla med undertak. Nedan finns en detaljerad diskussion om hur kraven inverkar på behovet av ljudabsorbenter.

Analys

Vi har under arbetets gång försökt, trots allt som sagts ovan, att använda absorptionsklasserna för "snabbdimensionering" av mängden ljudabsorbenter mot givna krav på efterklangstid, eftersom detta efterfrågas. Men som framgår nedan har det delvis varit som att "få en kamel genom nålsögat".

Inför beräkningen av tabellvärdena samlades data för olika ljudabsorbenter in från ett antal tillverkare. Totalt fick vi in 547 produkter från Ecophon, Parafon,

Roxull, Danoline, Gyptone, Herakustik, Träullit och Akustikgruppen. Fördelningen av produkter mellan olika ljudabsorptionsklasser var; 162 i klass A, 52 i klass B, 212 i klass C och 121 i klass D. Efter rensning av upprepningar med mera återstod cirka 500 produkter. Där absorptionsdata redovisas för en produkt vid olika nedpendlingar (konstruktionshöjd eller bygghöjd) räknas varje alternativ som en "produkt". Produkterna finns i Excelbladet.

I figur 1 visas vilken täckningsgrad (area som täcks av ljudabsorbenter, relativt golvarean) som behövs med produkter i olika ljudabsorptionsklass A till C. I figuren är produkterna indelade efter nedpendlingen; högst 200 mm (flertalet mindre än 100 mm) respektive nedpendlade minst 200 mm. Figuren visar, att den stora majoriteten av produkterna med låg bygghöjd, framför allt i absorptionsklass A och B, inte uppfyller normala krav ens med 120 procent täckningsgrad, medan nästan alla nedpendlade produkter klarar sig med högst 120 procent täckningsgrad. Detta kommer sig av det enkla faktum att ljudabsorptionen i oktavband 125 Hz normalt beror på bygghöjden.

Vi har i figuren satt 120 procent täckningsfaktor (rött) som en gräns för när inte ens större delen av takytan tillsammans med väggabsorbenter räcker för att uppfylla kravet. Vi har även lagt in 90 procent täckningsfaktor (gult) som en gräns för när man kan välja att bara använda takytan.

Förutsättningarna i form av produktdata, grundabsorption och beräkningsformler som ligger till grund för vår analys och våra resultat i övrigt redovisas nedan.

Den täckningsgrad som behövs för att uppfylla kravet sprider som synes väldigt mycket inom respektive absorptionsklass, exempelvis mellan 73 procent och 840 procent med låg bygghöjd. Kan man göra användbara tabeller på basis av absorptionsklasser?

Grundabsorption i rum och inredning

En hög grundabsorption från rummets begränsningsytor och inredning medför, att mängden ljudabsorbenter minskar i motsvarande grad. Grundabsorptionen kan antingen beräknas för de aktuella förutsättningarna enligt anvisningar i Boverkets nya handbok "Bullerskydd i bostäder

Tabell 6: Grundabsorption från möbler och begränsningsytor, schablonvärden enligt Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler" (de lägre värdena i handbokens intervaller)

	Absorptionsarea/m ² golvarean					
Oktavband (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Omöblerade rum	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Möblerade rum	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

och lokaler” eller approximeras som schablonvärden enligt handboken. I tabellerna 1 till 5 används schablonvärden enligt tabell 6, hämtade från handboken (med de lägre värdena där ett intervall anges) för ljudabsorption i begränsningsytor och inredning:

Om man har stor andel lätta byggnadsmaterial och tät inredning är det vanligtvis lönsamt att beräkna den grundabsorption som är aktuell för ett objekt eftersom den kan bli högre än vad som förutsätts i schablonvärdena. Med övervägande delen tunga byggmaterial och en gles inredning, kan värdena i tabell 6 kan vara något i överkant, särskilt vid låga frekvenser. Att skapa enkla tabeller som passar in i alla sammanhang går inte. Det är bättre att räkna med aktuella förutsättningar.

Beräkning av täckningsgrad för olika ljudabsorbenter

I formeln för täckningsgrad finns bara rummets höjd (h) med, vilket följer av att efterklangstiden är proportionell mot rumsvolymen dividerad med golvarean, se *formelruta här intill*.

Notera: Ljudabsorbenterna kan placeras enbart i taket om det finns en tät ljud-diffuserande (spridande) rumsform eller inredning, till exempel nischer, hyllor, stolar och bord. Även hårda möbler bidrar till ljuddiffusion. I omöblerade utrymmen bör en del av ljudabsorptionen sättas på minst en av två motstående väggar. Stora, hårda parallella väggar ger ljudreflexer som försämrar ljudmiljön markant.

För utrymmen där man vistas tillfälligt är klassningssystemet relevant. Det visade sig också finnas produkter, framför allt i absorptionsklass C, med hög absorption vid låga frekvenser men sämre vid högre frekvenser, och där fungerar klassningen som en ”spärr”. Alltså bör man ha två krav, ett för 125 Hz-bandet (tabell 2) och ett för övriga oktavband (tabell 1). Som en jämförelse kan man nämna, att liknande dubbling av kraven finns för

Formelruta

Täckningsgraden (t_g) är det högsta värdet av tre delkrav:

$$t_{g125} = \left[\frac{0,16 \cdot h}{T + 0,2} - \alpha_{grund,125} \right] / \alpha_{absorbent,125} \quad \text{för oktavbandet 125 Hz}$$

$$t_{gi} = \left[\frac{0,16 \cdot h}{T + 0,1} - \alpha_{grund,i} \right] / \alpha_{absorbent,i} \quad \text{för varje oktavband } i, 250 \text{ till } 4000 \text{ Hz}$$

$$t_{gmedel} = \left[\frac{0,16 \cdot h \cdot 5}{T} - \sum_{250}^{4000} \alpha_{grund} \right] / \sum_{250}^{4000} \alpha_{absorbent} \quad \text{för oktaverna 250 till } 4000 \text{ Hz}$$

stegljud och för installationsljud. Man kanske kan kalla 125 Hz-värdet för ljudabsorbenternas ”C-term” (även om jämförelsen haltar).

För att bestämma tio- och nittioprocentvärdena sorterades databasen, och varje klass inventerades med avseende på typiska absorptionsfaktorer för cirka 10 procent av de produkter som uppfyllde alla krav. Motsvarande urval gjordes även på nittioprocentfraktilen, det vill säga vilket värde som uppfylls av cirka 90 procent av klassens produkter. Antalet produkter totalt i respektive klass och respektive typvärde framgår av *tabell 7*.

De typiska värdena för klass A och B är oftast tagna från 250 Hz-bandet. För klass C och D var i vissa fall andra oktavband de mest representativa. Exempelvis kan vissa absorbenter med stor nedpendling utan mineralull i spalten ha bra lågfrekvensabsorption men sämre absorption vid 2 och 4 kHz. Tunna porösa ljudabsorbenter som limmas dikt mot bjälklaget fungerar omvänt, de ger dålig absorption vid låga frekvenser men kan ändå klassas som D- eller till och med C-absorbenter. På basis av dessa representativa max- och minvärden kunde så täckningsgrader för tabellerna 1 till 3 beräknas som intervaller, som dels gäller för ett fåtal bra produkter inom respektive klass (tioprocentfraktilen), dels det stora flertalet (90 procent).

För 125 Hz-bandet var det svårt att bestämma typvärden. I tabell 2 anges under respektive kolumn vilka klasser som passar in på respektive ljudabsorptionsvärde, men indelningen blir lite osäker.

Tabeller med bästa produkter

Tabellerna 4 och 5 anger täckningsgrad av golvarean med några av de bästa produkterna inom respektive absorptionsklass. För produkter med låg bygghöjd har förutsättningen varit att bygghöjden ska vara högst 100 mm för att räknas in i bland de bästa produkterna med låg bygghöjd. Övriga pendlas ned minst 200 mm. Urvalet produkter blir förstås bredare om man använder större täckningsgrader (större absorbentarea) enligt tabellerna 1 till 3.

Gul färg i tabellen betyder att extra åtgärder krävs, och röd färg att det inte finns flera produkter ute på marknaden som uppfyller kravet ens med 120 procent av golvarean i täckningsgrad.

En intressant slutsats av tabellerna 4 till 5 är att det vid låg bygghöjd faktiskt krävs mindre mängd av de bästa produkterna i absorptionsklass C än med de bästa i absorptionsklass A för att uppfylla ställda krav. Det beror på att dessa produkter i klass C har bättre ljudabsorption vid 125 Hz. ■

Tabell 7: Antalet produkter totalt i respektive klass och respektive typvärde.

Absorptions-klass	Typiska <i>bästa</i> värden (250 till 4000 Hz)	Typiska <i>sämsta</i> värden (250 till 4000 Hz)	Antal produkter per klass
A	0,85	0,6	162
B	0,70	0,5	52
C	0,65	0,4	212
D	0,50	0,2	121